

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЧИСТОТЫ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ *THYMUS SERPYLLUM* L. В УСЛОВИЯХ ЗАУРАЛЬЯ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

© 2023

Бускунова Г.Г.

*Сибайский институт (филиал) Уфимского университета науки и технологий  
(г. Сибай, Республика Башкортостан, Российская Федерация)*

**Аннотация.** В статье приводятся результаты изучения содержания тяжелых металлов в растительном сырье *Thymus serpyllum* L. произрастающего в окрестностях п. Аркаим г. Сибай Республики Башкортостан. Содержание подвижных форм Cu, Ni, Mn, Co, Fe, Cd в почвах не превышало предельно допустимые концентрации, за исключением Zn (1,87 ПДК) и Pb (3,16 ПДК). Обнаружено, что наиболее подвижным элементом в почве оказался Pb (59,4%), менее подвижным Ni (0,07%). Почвы исследуемой территории по степени загрязнения отнеслись к категории допустимой, а экологическая обстановка оказалась относительно удовлетворительной. Результаты статистического анализа показали, что концентрации тяжелых металлов в золе растений имели высокую изменчивость (выше 21%), за исключением Co, для которого была характерна средняя изменчивость (до 20%). Содержание Cu в растениях *Thymus serpyllum* L. не превышало допустимых значений. Отмечены превышения максимально допустимых уровней по Zn (3,88–9,72 раза), Fe (6,4–57,9 раза), Ni (108–189 раза), Cd (1,16–2,16 раза), Co (3,7–5,6 раза), Pb (4,6–10,8 раза) во всех органах растения *Thymus serpyllum* L. Концентрации Mn превышали нормы в стеблях и корнях вида в 1,51–4,48 раза соответственно. Наиболее поглощаемыми растениями *Thymus serpyllum* L. элементами оказались Fe и Ni. В растениях *Thymus serpyllum* L. Fe (124,3) и Ni (1567,5) относились к группе элементов энергичного накопления ( $I_A > 10$ ), Zn (8,12), Cu (8,04), Mn (4,44), Pb (2,08), Cd (1,75), Co (1,31) – к группе элементов сильного накопления ( $I_A 1–10$ ). В растениях *Thymus serpyllum* L. Cu, Zn, Ni, Fe, Mn, Pb распределены по акропетальному типу (акропетальный коэффициент  $>1,0$ ), а Cd, Co – по базипетальному типу (акропетальный коэффициент  $<1,0$ ).

**Ключевые слова:** загрязнение; тяжелые металлы; предельно допустимая концентрация; максимально допустимые уровни; индекс аккумуляции; биогеохимическая активность; акропетальный коэффициент.

## THE ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE PURITY OF MEDICINAL PLANT RAW MATERIALS *THYMUS SERPYLLUM* L. IN THE TRANS-URALS OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

© 2023

Buskunova G.G.

*Sibay Institute (Branch) of Ufa University of Science and Technology  
(Sibay, Republic of Bashkortostan, Russian Federation)*

**Abstract.** The paper presents the results of the study of heavy metals content in plant raw materials *Thymus serpyllum* L. growing in the vicinity of the village of Arkaim, Sibay, the Republic of Bashkortostan. The content of mobile forms of Cu, Ni, Mn, Co, Fe, Cd in soils did not exceed the maximum permissible concentrations, with the exception of Zn (1,87 MPC) and Pb (3,16 MPC). It was found that the most mobile element in the soil was Pb (59,4%), while Ni (0,07%) was less mobile. The soils of the studied territory were classified as permissible according to the degree of pollution, and the ecological situation turned out to be relatively satisfactory. The results of the statistical analysis showed that the concentrations of heavy metals in plant ash had a high variability (above 21%), with the exception of Co, which was characterized by an average variability (up to 20%). Cu content in *Thymus serpyllum* L. plants did not exceed acceptable values. There were exceeding of the maximum permissible levels for Zn (3,88–9,72 times), Fe (6,4–57,9 times), Ni (108–189 times), Cd (1,16–2,16 times), Co (3,7–5,6 times), Pb (4,6–10,8 times) in all organs of the plant *Thymus serpyllum* L. Mn concentrations exceeded the norms in the stems and roots of the species by 1,51–4,48 times, respectively. The most absorbed by plants *Thymus serpyllum* L. elements turned out to be Fe and Ni. In plants *Thymus serpyllum* L. Fe (124,3) and Ni (1567,5) belonged to the group of elements of energetic accumulation ( $I_A > 10$ ), Zn (8,12), while Cu (8,04), Mn (4,44), Pb (2,08), Cd (1,75), Co (1,31) belonged to the group of elements of strong accumulations ( $I_A 1–10$ ). In plants of *Thymus serpyllum* L. Cu, Zn, Ni, Fe, Mn, Pb were distributed by acropetal type (acropetal coefficient  $>1,0$ ), while Cd, Co were distributed by basipetal type (acropetal coefficient  $<1,0$ ).

**Keywords:** pollution; heavy metals; maximum permissible concentration; maximum permissible levels; accumulation index; biogeochemical activity; acropetal coefficient.

### Введение. Объекты исследования

На территории Республика Башкортостан (РБ) произрастает свыше 1800 видов высших сосудистых растений. Среди них около 300 видов могут использоваться в народной и официальной медицине. Объек-

том наших исследований явилось лекарственное растение – тимьян ползучий (*Thymus serpyllum* L.). *Thymus serpyllum* L. – наиболее широко встречающийся вид в степных ландшафтах Республики Башкортостан. Лекарственным растительным сырьем (ЛРС)

является собранная в фазу цветения, высушенная и обмолоченная трава дикорастущего ползучестарника тимьяна ползучего (чабреца) – *Thymus serpyllum* L. (ФС.2.5.0047.15 Чабреца трава).

Тимьян ползучий включен в издания с I по VII и XI ГФ СССР [1, с. 358], в XIII издание ГФ Российской Федерации [2, п. 2.5.47], а также в Государственный реестр ЛС 2004 и 2008 года [3, с. 137]. Разрешенными к медицинскому применению на территории Российской Федерации (РФ) являются такие виды тимьяна, как тимьян ползучий *Thymus serpyllum* L. и тимьян обыкновенный *Thymus vulgaris* L. [4, с. 115].

Род *Thymus* L. относится к семейству яснотковых *Lamiaceae* Lindl, которое характеризуется значительным многообразием форм и габитусов, которым придается разнообразное таксономическое значение. В естественных местах произрастания различные виды чабрецов не распознаются сборщиками и обычно используются наравне с типичной формой тимьяна ползучего *Thymus serpyllum* L. [5, с. 42; 6, с. 3].

Трава *Thymus serpyllum* L. содержит терпены и их производные, дубильные и другие биологически активные вещества. Основными компонентами эфирных масел тимьяна являются тимол и карвакрол, цимол, борнеол (до 30%), они обладают противомикробным, антисептическим и ароматическим действием [7, с. 55]. Генеративные и вегетативные части чабреца ползучего обладают также седативным, аниспазматическим эффектом. Настой травы чабреца применяют при стоматитах, ангине и острых респираторных заболеваниях. В сборах трава чабреца (*Herba Thymi serpylli*) применяется при бронхите, бронхиальной астме [8, с. 1234], гинекологических болезнях, нейродермите и экземе.

*Thymus serpyllum* L. относится к виду, заготавливаемому в Республике Башкортостан в объемах от 1000 до 2000 кг/год. Для заготовки *Thymus serpyllum* L. наиболее перспективны степные сообщества Зауралья [9, с. 44]. Однако Зауральский регион Республики Башкортостан характеризуется необыкновенным скоплением крупных месторождений медноколчеданных руд. Разработка этих месторождений привела к деградации естественных ландшафтов. Хвостохранилища и отвалы горнорудной промышленности представляют опасность загрязнения компонентов экосистем токсичными химическими веществами, в частности тяжелыми металлами (ТМ). В процессе добычи руд, их переработки и транспортировки происходит рассеяние элементов-загрязнителей в природных средах [10, с. 37]. В силу вышесказанного актуальным является определение экологической чистоты ЛРС, произрастающих на территории Зауральского региона Республики Башкортостан.

**Цель исследования:** изучить особенности содержания тяжелых металлов в растениях *Thymus serpyllum* L. и оценить экологическую чистоту лекарственного растительного сырья в условиях Зауралья Республики Башкортостан.

#### Материалы и методика исследований

Полевые исследования проводились в летний период 2021 г. Пробы почв и растительные образцы для анализа были отобраны из природных популя-

ций. Изучаемая пробная площадка располагалась в растительном сообществе разнотравно-ковыльной степи в 300 м от п. Аркаим г. Сибай Республики Башкортостан.

Отбор проб почв проводили согласно ГОСТ Р 58595-2019 [11, с. 5]. Пробы фитоматериала отбирали в период массового цветения в 30 повторностях. Надземные (цветки, листья, стебли) и подземные (корни) части *Thymus serpyllum* L. высушивались, размалывались на мельнице, упаковывались в конверты, маркировались. Содержание Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Cd, Hg, Pb в почвенных и растительных образцах определяли атомно-абсорбционным методом в центральной лаборатории Сибайской обогащательной фабрики ОАО «УГОК».

Загрязненность почвенного покрова валовыми формами тяжелых металлов оценивали по кратности превышения ориентировочно-допустимых концентраций (ОДК): Cu – 132 мг/кг, Zn – 220 мг/кг, Ni – 80 мг/кг, Cd – 2 мг/кг, Pb – 130 мг/кг [12, с. 6–7], предельно допустимых концентраций (ПДК): Mn – 1500 мг/кг [13, с. 8], кларка: Co – 18 мг/кг, Fe – 46500 мг/кг [14, с. 559; 15, с. 9].

Для выяснения степени загрязненности почвенного покрова подвижными формами металлов рассматривали кратность их превышения предельно допустимых концентраций (ПДК): Cu – 3 мг/кг, Zn – 23 мг/кг, Ni – 4 мг/кг, Mn – 140 мг/кг, Co – 5 мг/кг, Pb – 6 мг/кг [13, с. 10] и фона: Cd – 0,3 мг/кг, Fe – 3800 мг/кг [16, с. 151].

Оценку загрязненности почв тяжелыми металлами производили, используя значения коэффициента концентрации тяжелых металлов и суммарного показателя Zc. Суммарный показатель загрязнения (Zc) равен сумме коэффициентов концентраций (Kc) тяжелых металлов и вычисляется по формуле:

$$Zc = \sum Kc - (n - 1),$$

где Kc – коэффициент концентрации металлов; n – число оцениваемых ингредиентов [17, с. 38].

Коэффициент концентрации ТМ выражен формулой:

$$Kc = C / Cф,$$

где C – фактическая концентрация химических элементов-загрязнителей в почве, мг/кг; Cф – фоновая концентрация химических элементов-загрязнителей в почве, мг/кг.

По шкале степень загрязнения почв считается допустимой, а экологическая обстановка относительно удовлетворительной, если Zc находится в пределах 0–16; умеренно опасным и напряженным, если Zc = 16–32; опасным и критическим, если Zc = 32–128; чрезвычайно опасным и катастрофическим, если Zc >128 [17, с. 38; 18, с. 29].

При оценке чистоты растительного сырья использовали максимально допустимый уровень (МДУ): Cu – 30 мг/кг, Zn – 50 мг/кг, Ni, Co – 1 мг/кг, Fe, Mn – 100 мг/кг, Pb – 5 мг/кг, Cd – 0,3 мг/кг [19].

Интенсивность всасывания микроэлементов в условиях конкретного ландшафта растениями можно вычислить, определив коэффициент биологического поглощения (КБП) и индекс аккумуляции (IΔ). КБП

отражает потенциальную интенсивность поглощения и представляет собой отношение концентрации химических элементов-загрязнителей в воздушно-сухой массе растений к концентрации валовых форм в субстрате.  $I_A$  отображает актуальную интенсивность поглощения и представляет собой отношение концентрации химических элементов-загрязнителей в воздушно-сухой массе растений к концентрации подвижных форм в субстрате. Ряд биологического поглощения [20, с. 62; 21, с. 30] показывает, что если величина КБП ( $I_A$ )  $< 0,1$ , то металл относится к элементам слабого и очень слабого захвата, если  $1 > \text{КБП} (I_A) > 0,1$  – к элементам среднего захвата, если  $10 > \text{КБП} (I_A) > 1$  – к элементам сильного накопления,  $\text{КБП} (I_A) > 10$  – к элементам энергично-го накопления.

Суммарная величина, получающаяся при сложении КБП или  $I_A$  отдельных элементов, называется биогеохимической активностью вида (БХА). Данную величину применяют для количественного выражения общей способности вида к концентрации элементов [22, с. 53; 23, с. 71; 24, с. 93]. БХА1 представляет собой сумму КБП, БХА2 – сумму  $I_A$ . Показатели БХА зависят от физиологических, биохимических особенностей вида и формы нахождения химических элементов в почве.

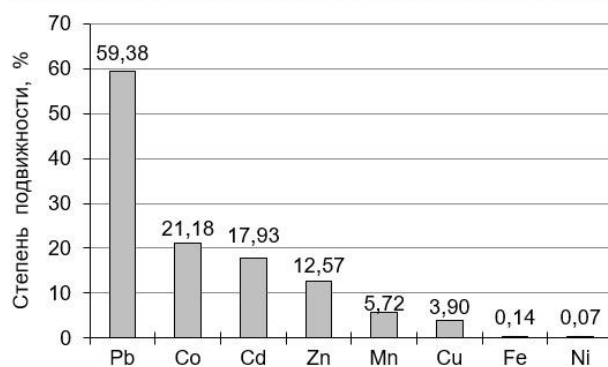
Выделяют акропетальное и базипетальное распределение химических элементов в растениях. Отношение содержания элементов в корневой системе к содержанию его в надземной фитомассе называют акропетальным коэффициентом (АК) [24, с. 94]. Если  $\text{АК} < 1$ , то металлы распределены по базипетальному типу (концентрация металлов выше в надземных частях), если  $\text{АК} > 1$  – по акропетальному типу (концентрация металлов выше в корнях). Для выяснения вариабельности содержания тяжелых металлов в надземных и подземных частях растений был вычислен коэффициент вариации ( $C_v$ , %). Если  $C_v$  до 10% – низкая; от 11% до 20% – средняя; от 21% и выше высокая изменчивость признаков [25, с. 7].

#### Результаты исследований и их обсуждение

Тяжелые металлы могут находиться в малоподвижной и подвижной растворимой форме. В химических соединениях с другими элементами и органической частью ТМ в валовой форме малоподвижны. На основе сопоставления концентраций элементов в почвах и растениях и выявления их корреляционных связей установлено, что более достоверную информацию о загрязнении несут их подвижные формы, способные адекватно отражать реакцию микрофлоры почвы и растениеводческой продукции на избыток элементов в среде обитания [26, с. 35].

Анализ данных показал, что содержание валовых форм Cu, Mn, Co, Pb, Fe в почвах не превышало нормы, а концентрации Zn превышали ориентировочно-допустимые концентрации в 1,55 раз, Ni – 1,86 раз, Cd – 1,45 раз. Содержание подвижных форм Cu, Ni, Mn, Co, Fe, Cd в почвах не превышало ПДК, за исключением Zn (1,87 ПДК) и Pb (3,16 ПДК).

Обнаружено, что наиболее подвижным элементов в почве оказался Pb (59,38%), менее подвижным Ni (0,07%). Степень подвижности остальных элементов представлены на рисунке 1.



**Рисунок 1** – Степень подвижности тяжелых металлов в почвах

Высокие коэффициенты концентрации характерны для Pb (до 3,17), Zn (до 1,87), Cd (до 1,04). В связи с тем, что в геохимическую ассоциацию включаются элементы со значениями коэффициентов концентрации не менее 1,5 [27, с. 67], формула геохимической ассоциации, вычисленная по валовым формам ТМ, выглядит следующим образом:  $\text{Ni}_{1,86} \rightarrow \text{Zn}_{1,55}$ , а по подвижным формам:  $\text{Pb}_{3,17} \rightarrow \text{Zn}_{1,87}$ .

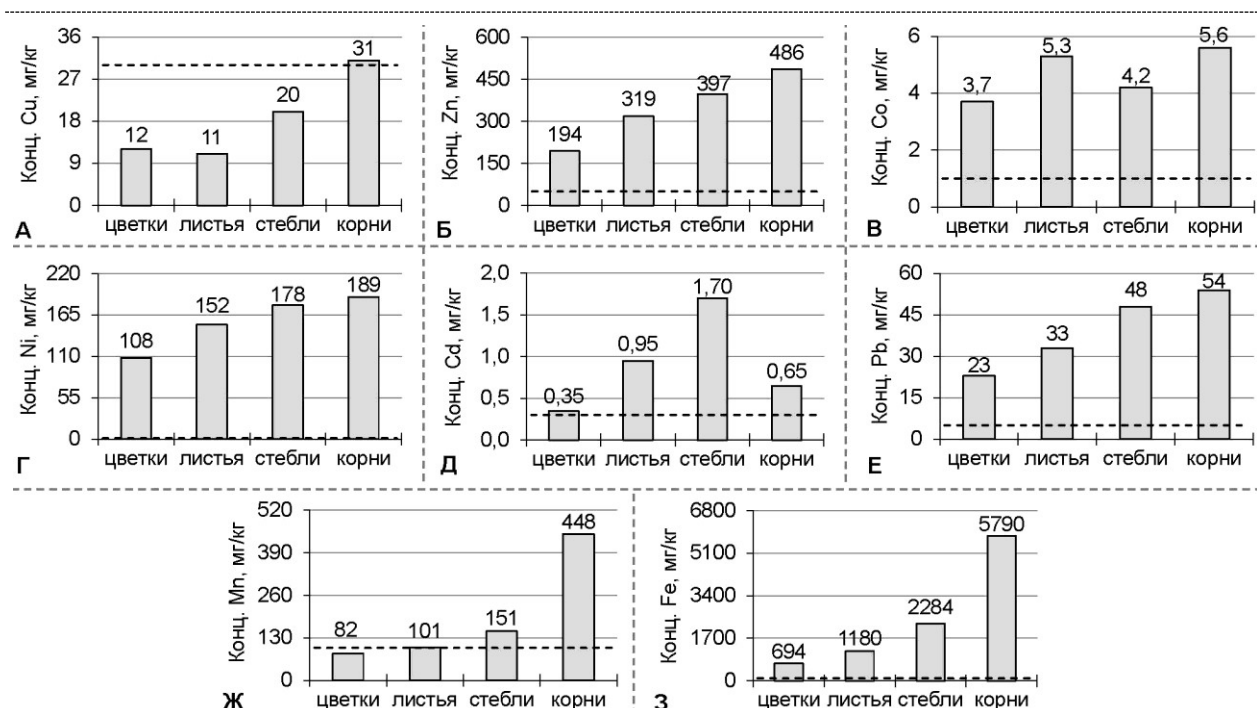
По степени загрязнения ( $Z_c$ ) изученные почвы относились к категории допустимой ( $Z_c$  до 0,32 и 0,92), а экологическая обстановка к категории относительно удовлетворительной.

Содержание тяжелых металлов в растениях зависит от множества факторов: от подвижности металлов в почвах, от физиологических особенностей вида, от погодно-климатических условий и т.д.

Результаты исследований показали, что концентрации Cu в растениях *Thymus serpyllum* L. варьировали от 11,0 мг/кг (листья) до 31,0 мг/кг (корни), коэффициент вариации составил 50%. Максимально допустимый уровень Cu в растениях определен на уровне 30,0 мг/кг. Концентрации Cu в растениях *Thymus serpyllum* L. не превышали максимально допустимые уровни (рис. 2: А).

Цинк в растениях *Thymus serpyllum* L. варьировал от 194,0 мг/кг (цветки) до 486,0 мг/кг (корни) ( $C_v = 35,5\%$ ). Содержание Zn во всех органах вида превышало максимально допустимый уровень, определенный для растений в пределах 50,0 мг/кг. Концентрации цинка в цветках *Thymus serpyllum* L. превышали МДУ 3,88 раза, в листьях 6,38 раза, стеблях – 7,94 раза, в корнях 9,72 раза (рис. 2: Б). Повышенная концентрация элемента связана с геохимическим фоном. Подземные части часто содержат больше цинка, чем надземная фитомасса, в особенности если растение выросло на почве, богатой цинком.

Максимально допустимый уровень железа в растениях составляет 100,0 мг/кг. Концентрации Fe в растениях *Thymus serpyllum* L. изменялись от 694,0 мг/кг (цветки) до 5790,0 мг/кг (корни) ( $C_v = 92,5\%$ ). Концентрации железа в цветках *Thymus serpyllum* L. превышали МДУ 6,4 раза, в листьях 11,8 раза, стеблях – 22,8 раза, в корнях 57,9 раза (рис. 2: 3). Содержание железа в растениях выше 750 мг/кг считается токсичной концентрацией [28, с. 60]. На рисунке 2 видно, что лишь в цветках *Thymus serpyllum* L. содержание железа не превышало токсичной концентрации. Существенная часть Fe задерживалась в корнях растений, что указывает на существование защитных механизмов, препятствующих его накоплению в генеративных органах.



**Рисунок 2** – Содержание тяжелых металлов  
(А – Cu, Б – Zn, В – Co, Г – Ni, Д – Cd, Е – Pb, Ж – Mn, З – Fe) в растениях *Thymus serpyllum* L.  
Пунктирной линией обозначен МДУ, мг/кг

Никель относится к группе токсичных элементов и сильно поглощается растениями. Наибольшие его концентрации в растениях *Thymus serpyllum* L. обнаружены в корнях (189,0 мг/кг), наименьшие – в цветках (108,0 мг/кг). Коэффициент вариации Ni составил 23%. Во всех органах *Thymus serpyllum* L. зарегистрировано многократное превышение нормы в 108–189 раза (рис. 2: Г). Соответственно, употребление водных экстрактов изучаемого растения может быть опасным.

Марганец относится к числу жизненно необходимых элементов для растений и входит в состав необходимых ферментов. Установлено, что концентрация марганца ниже 20 мг/кг считается дефицитной. Анализ данных показал, что содержание Mn в биоматериале изменялось от 82,0 мг/кг (цветки) до 448,0 мг/кг (корни) и не находилось в недостаточном количестве. Коэффициент вариации марганца оказался высоким и составил 87,4%. Концентрации Mn в цветках и листьях изучаемого вида не превышали допустимые значения (100,0 мг/кг), но превышали в стеблях и корнях в 1,51–4,48 раза соответственно (рис. 2: Ж). По-видимому, это связано с барьерной функцией подземных органов.

Величины концентраций Pb в фитомассе растений варьировали в большом диапазоне от 23,0 мг/кг (цветки) до 54,0 мг/кг (корни), где коэффициент вариации составил 35,7%. Концентрации свинца в цветках растений *Thymus serpyllum* L. превышали МДУ (5,0 мг/кг) 4,6 раза, листьях – 6,6 раза, стеблях – 9,6 раза, корнях – 10,8 раз (рис. 2: Е). Свинец характеризуется высокой токсичностью, поэтому повышенные его концентрации делают растительный материал непригодным для использования в лекарственных целях.

Как показали результаты измерений, органы растений *Thymus serpyllum* L. содержали различное количество Cd, концентрации которых изменялись от 0,35 до 1,7 мг/кг. Концентрации кадмия в цветках растений *Thymus serpyllum* L. превышали МДУ (0,3 мг/кг) 1,16 раза, листьях – 3,16 раза, стеблях – 5,66 раза, корнях – 2,16 раз (рис. 2: Д).

Содержание Co в образцах травы *Thymus serpyllum* L. варьировало от 3,7 мг/кг до 5,6 мг/кг, при установленной норме в лекарственном растительном сырье 1 мг/кг. Концентрации кобальта в цветках изучаемого вида превышали МДУ (1,0 мг/кг) 3,7 раза, листьях – 5,3 раза, стеблях – 4,2 раза, корнях – 5,6 раз (рис. 2: В).

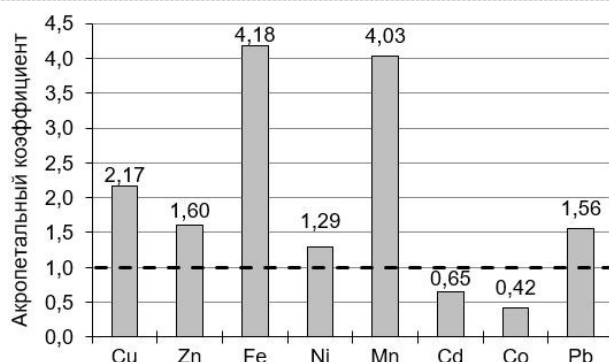
Анализ данных показал, что содержание Cu в растениях *Thymus serpyllum* L. не превышало МДУ. Концентрации Mn превышали нормы в стеблях и корнях вида в 1,51–4,48 раза соответственно. Зафиксированы превышения максимально допустимых уровней по Zn (3,88–9,72 раза), Fe (6,4–57,9 раза), Ni (108–189 раза), Cd (1,16–2,16 раза), Co (3,7–5,6 раза), Pb (4,6–10,8 раза) во всех органах растений *Thymus serpyllum* L. Полученные результаты показывают, что концентрации отдельных химических элементов в растениях *Thymus serpyllum* L. превышают допустимые уровни, что можно рассматривать как отражение биогеохимической ситуации экологически неблагоприятных районов.

Вычисление индекса аккумуляции показало, что наиболее поглощаемыми элементами оказались Fe и Ni. В растениях *Thymus serpyllum* L. Fe (124,3) и Ni (1567,5) отнеслись к группе элементов энергичного накопления ( $I_A > 10$ ), Zn (8,12), Cu (8,04), Mn (4,44), Pb (2,08), Cd (1,75), Co (1,31) – к группе элементов сильного накопления ( $I_A 1–10$ ) (табл. 1).

**Таблица 1** – Ряд интенсивности поглощения тяжелых металлов (по  $I_A$ ) в *Thymus serpyllum* L.

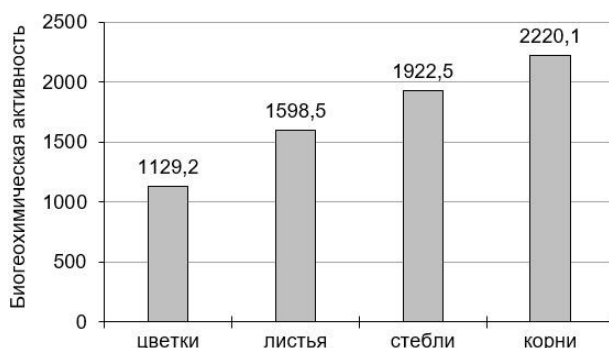
Интенсивность поглощения	100	10	1	0,1	0,01
Энергичного накопления	Fe, Ni				
Сильного накопления		Zn, Cd, Pb, Mn, Cu, Co			
Среднего захвата					
Слабого и очень слабого захвата					

В пересчете на сухое вещество в *Thymus serpyllum* L., произрастающих в окрестностях п. Аркаим г. Сибай Республики Башкортостан, Cu, Zn, Ni, Fe, Mn, Pb распределены по акропетальному типу, Cd, Co распределены по базипетальному типу (рис. 3).



**Рисунок 3** – Акропетальный коэффициент в растениях *Thymus serpyllum* L.

Суммарная величина КБП, выраженная через показатель БХА1, в цветках *Thymus serpyllum* L. составил 2,7, листьях – 4,0, стеблях – 5,4, корнях – 6,4. Сумма  $I_A$ , выраженная через показатель БХА2, в растениях изменялась от 1129,2 до 2220,1 (рис. 4).



**Рисунок 4** – Биогеохимическая активность тяжелых металлов в органах растений *Thymus serpyllum* L.

Наибольший показатель БХА1 и БХА2 обнаружен в корнях растений *Thymus serpyllum* L., наименьший – в цветках. По-видимому, на загрязненных территориях защитную функцию по инактивации ТМ выполняют корни растений.

## Заключение

Таким образом, в ходе нашего исследования было установлено:

1. Степень обеспеченности почвы биологически доступными формами химических элементов является наиболее значимым фактором, влияющим на накопление ТМ в растениях. Доля доступных для поглощения растениями ТМ в почве, определенная как процентное содержание подвижных форм ТМ от содержания их валовых форм, уменьшалась в ряду Pb (59,38%) → Co (21,18%) → Cd (17,93%) → Zn (12,57%) → Mn (5,72%) → Cu (3,90%) → Fe (0,14%) → Ni (0,07%). Установлено, что максимальная доступность в почвах исследованных участков характерна для Pb, минимальная – для Ni.

2. Несмотря на незначительную долю доступных форм Fe и Ni в почвах, анализ аккумулирующей способности растений показал, что в органах *Thymus serpyllum* L. они накапливались энергично. Для остальных изученных металлов была характерна сильная аккумуляция. Рассматривая накопление ТМ по органам растений, можно отметить, что Cu, Zn, Ni, Fe, Mn, Pb распределены акропетально. Лишь Cd и Co проявили базипетальный характер распределения. Соответственно, биогеохимической активностью в поглощении ТМ у растений *Thymus serpyllum* L. отличились корни, что и свидетельствует о защитных возможностях подземного органа.

3. Сопоставление фактических концентраций ТМ в *Thymus serpyllum* L. с максимально допустимыми уровнями показало, что в растениях наблюдается превышение Zn (3,88–9,72 раза), Fe (6,4–57,9 раза), Ni (108–189 раза), Cd (1,16–2,16 раза), Co (3,7–5,6 раза), Pb (4,6–10,8 раза) во всех органах вида. В связи с этим в окрестностях п. Аркаим г. Сибай Республики Башкортостан не рекомендуем сборы растительного сырья в качестве лекарственного фитоматериала.

## Список литературы:

1. Государственная фармакопея СССР: Вып. 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. 11-е изд., доп. М.: Медицина, 1989. 400 с.
2. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIII изд. Т. III. М., 2015. 1292 с.
3. Винокурова О.А., Тринеева О.В., Сливкин А.И. Сравнительная характеристика различных видов тимьяна: состав, свойства, применение (обзор) // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2016. № 4 (17). С. 134–150.
4. Дурнова Н.А., Романтеева А.Н., Ковтун А.Н. Химический состав эфирного масла *Thymus marshallianus* Willd. и *Thymus pallasianus* H. Br., произрастающих на территории Саратовской области // Химия растительного сырья. 2014. № 2. С. 115–119. DOI: 10.14258/jcrpm.1402115.
5. Банаева Ю.А., Покровский Л.М., Ткачев А.В. Исследование химического состава эфирного масла представителей рода *Thymus* L., произрастающих на Алтае // Химия растительного сырья. 1999. № 3. С. 41–48.
6. Рабжаева А.Н. Особенности накопления биологически активных веществ *Thymus baicalensis* Serg. в зависимости от экологических факторов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2011. 25 с.
7. Худоногова Е.Г., Кисилева Т.В. Эколого-биохимические особенности *Thymus serpyllum* L. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2010. № 5 (67). С. 55–56.

8. Кеммерих Б. Оценка эффективности и переносимости готовой комбинации сухих экстрактов травы тимьяна и корня первоцвета у взрослых, страдающих острым бронхитом с продуктивным кашлем // Русский медицинский журнал. 2009. Т. 17, № 19. С. 1234–1241.
9. Федоров Н.И., Жигунова С.Н., Михайленко О.И. Методологические основы оптимизации ресурсного использования лекарственной флоры Южного Урала. М.: Наука, 2013. 212 с.
10. Бускунова Г.Г., Ягафарова Г.А. Тяжелые металлы в системе «почва – дикорастущее лекарственное растение» (на примере *Cichorium intybus* L.) // Самарский научный вестник. 2022. Т. 11, № 1. С. 36–42. DOI: 10.55355/snv2022111103.
11. ГОСТ Р 58595-2019. Почвы. Отбор проб. М.: Стандартинформ, 2019. 8 с.
12. ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 10 с.
13. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.
14. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных пород земной коры // Геохимия. 1962. № 7. С. 555–571.
15. Касимов Н.С., Власов Д.В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2015. № 2. С. 7–17.
16. Опекунов А.Ю. Экологическая седиментология: учеб. пособие. СПб.: Изд. дом С.-Петерб. гос. ун-та, 2012. 223 с.
17. Сагит Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.
18. Завальева О.А. Основы биогеохимии: учеб. пособие. Ульяновск: УлГУ, 2012. 71 с.
19. Временный максимально допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках [Электронный ресурс] // Россельхознадзор. <https://fsvps.gov.ru/ru/fsvps/laws/6198.html>.
20. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта: учеб. пособие. 3. изд., перераб. и доп. М.: Астрель-2000, 1999. 762 с.
21. Ивлев А.М. Биогеохимия: учебник. М.: Высшая школа, 1986. 125 с.
22. Авессаломова И.А. Геохимические показатели при изучении ландшафтов: учеб.-метод. пособие. М.: Изд-во МГУ, 1987. 106 с.
23. Кириенко Н.Н., Терлеева П.С., Первышина Г.Г. Влияние автотранспортного загрязнения биотопа на биохимическую активность *Arctium lappa* и *Plantago major* // Вестник КрасГАУ. 2009. № 7. С. 70–72.
24. Сибгатуллина М.Ш., Александрова А.Б., Иванов Д.В., Валиев В.С. Оценка биогеохимического состояния травянистых растений и почв Волжско-Камского заповедника // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. 2014. Т. 156, № 2. С. 87–102.
25. Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1973. 256 с.
26. Соколова О.Я., Стряпков А.В., Антимонов С.В., Соловых С.Ю. Влияние техногенного воздействия на содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почвах // Вестник Оренбургского государственного университета. 2006. Т. 2, № 2. С. 35–42.
27. Янин Е.П. Техногенные геохимические ассоциации в донных отложениях малых рек агроландшафтов (формирование, состав, экологическая оценка) // Теоретическая и прикладная экология. 2009. № 1. С. 66–71.
28. Матвеев Н.М., Павловский В.А., Прохорова Н.В. Экологические основы аккумуляции тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями в лесостепном и степном Поволжье. Самара: Самар. ун-т, 1997. 220 с.

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
Бускунова Гильсина Гильмановна, кандидат биологических наук, доцент кафедры естественных наук; Сибайский институт (филиал) Уфимского университета науки и технологий (г. Сибай, Республика Башкортостан, Российская Федерация). E-mail: gulsina_busk@mail.ru.	Buskunova Gulsina Gilmanovna, candidate of biological sciences, associate professor of Natural Sciences Department; Sibay Institute (Branch) of Ufa University of Science and Technology (Sibay, Republic of Bashkortostan, Russian Federation). E-mail: gulsina_busk@mail.ru.

#### Для цитирования:

Бускунова Г.Г. Экологическая оценка чистоты лекарственного растительного сырья *Thymus serpyllum* L. в условиях Зауралья Республики Башкортостан // Самарский научный вестник. 2023. Т. 12, № 2. С. 24–29. DOI: 10.55355/snv2023122103.